

Aula 04

DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos
Engenheiro Mecânico
CREA MG 106478D

Rio de Janeiro, 26 de abril 2023

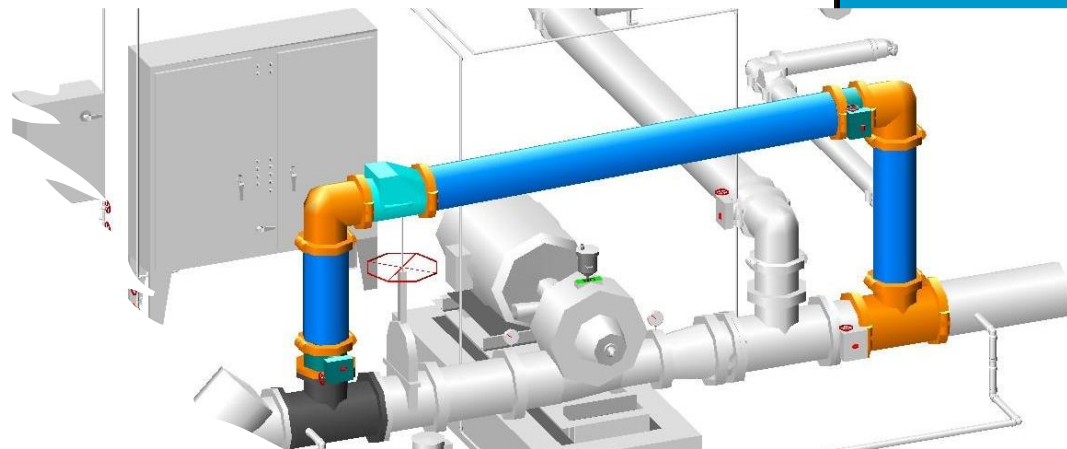
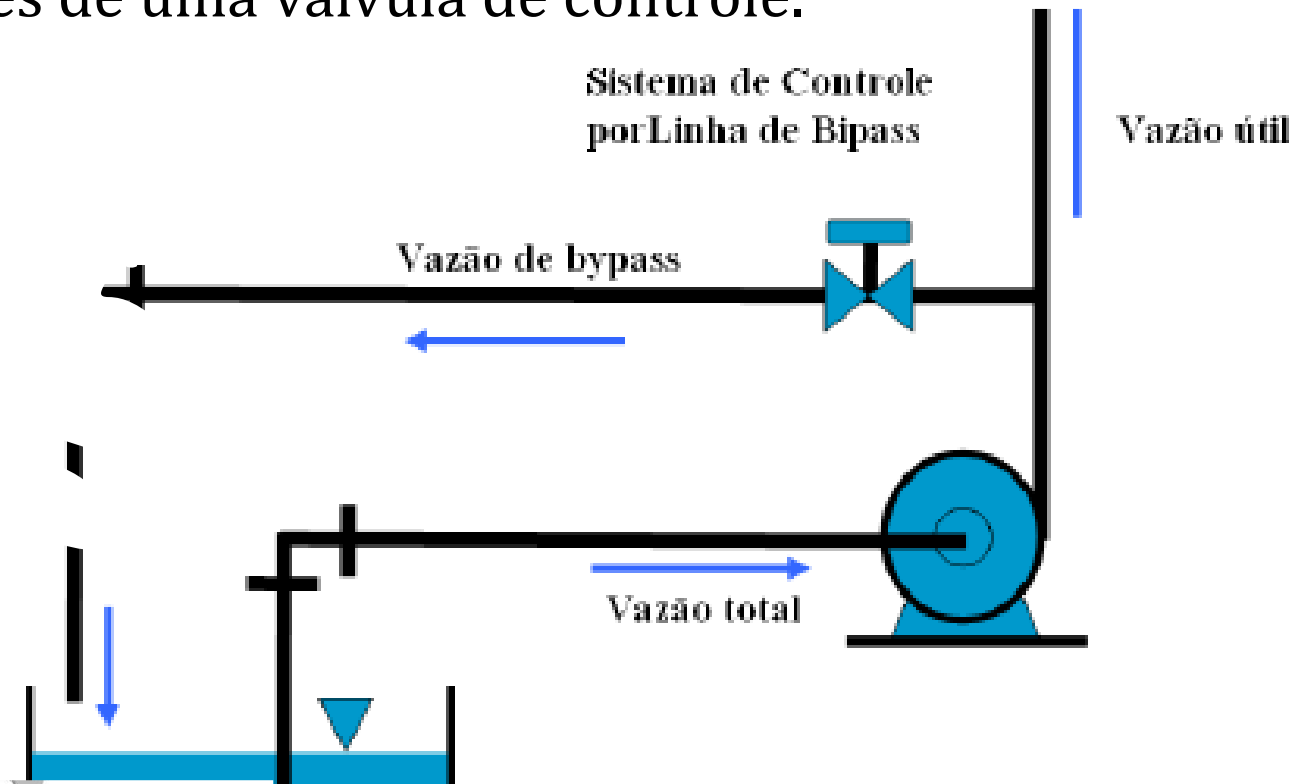
Agenda

- Métodos de regulação;
- Regulação do ponto de operação;
- Associação em série e em paralelo;

Métodos de regulagem

By-pass (desvio):

- Retorna parte do fluido da descarga da bomba de volta para a sucção, realizado através de uma válvula de controle.



Controle on/off

- Neste método de controle, a vazão é controlada ligando ou desligando as bombas;
- É necessário ter uma capacidade de armazenamento no sistema (reservatório);
- O reservatório pode fornecer uma vazão constante para o sistema com uma bomba de operação intermitente;
- Quando a bomba funciona, ela o faz no ponto de operação escolhido (presumivelmente ótimo) e quando está desligada, não há consumo de energia;

Controle on/off

- Atenção para a quantidade de partidas/paradas;
- Também pode ser usado para se beneficiar de tarifas de energia "fora de pico", organizando os tempos de execução durante os períodos de tarifa baixa;
- Para minimizar o consumo de energia com o controle de partida e parada, é melhor bombear com a vazão mais baixa que o processo permitir. Isso minimiza as perdas por atrito no tubo e uma bomba pequena apropriada pode ser instalada;
- Por exemplo, bombear na metade da vazão pelo dobro do tempo pode reduzir o consumo de energia para um quarto.

Usinagem do impelidor

- O ajuste do impelidor refere-se ao processo de usinagem do diâmetro de um impelidor para reduzir a energia adicionada ao fluido do sistema;
- O ajuste do impelidor oferece uma correção útil para bombas que, por meio de práticas de projeto excessivamente conservadoras ou mudanças nas cargas do sistema, são superdimensionadas para sua aplicação;
- Em muitos casos, o próximo rotor comercial menor é muito pequeno para a carga da bomba;

Usinagem do impelidor

- Além disso, impelidores menores podem não estar disponíveis para o tamanho da bomba em questão e a usinagem do impelidor é a única alternativa prática, exceto substituir todo o conjunto da bomba/motor; e
- A usinagem do impelidor reduz a velocidade na ponta, o que, por sua vez, reduz diretamente a quantidade de energia transmitida ao fluido do sistema e diminui a vazão e a pressão gerada pela bomba.

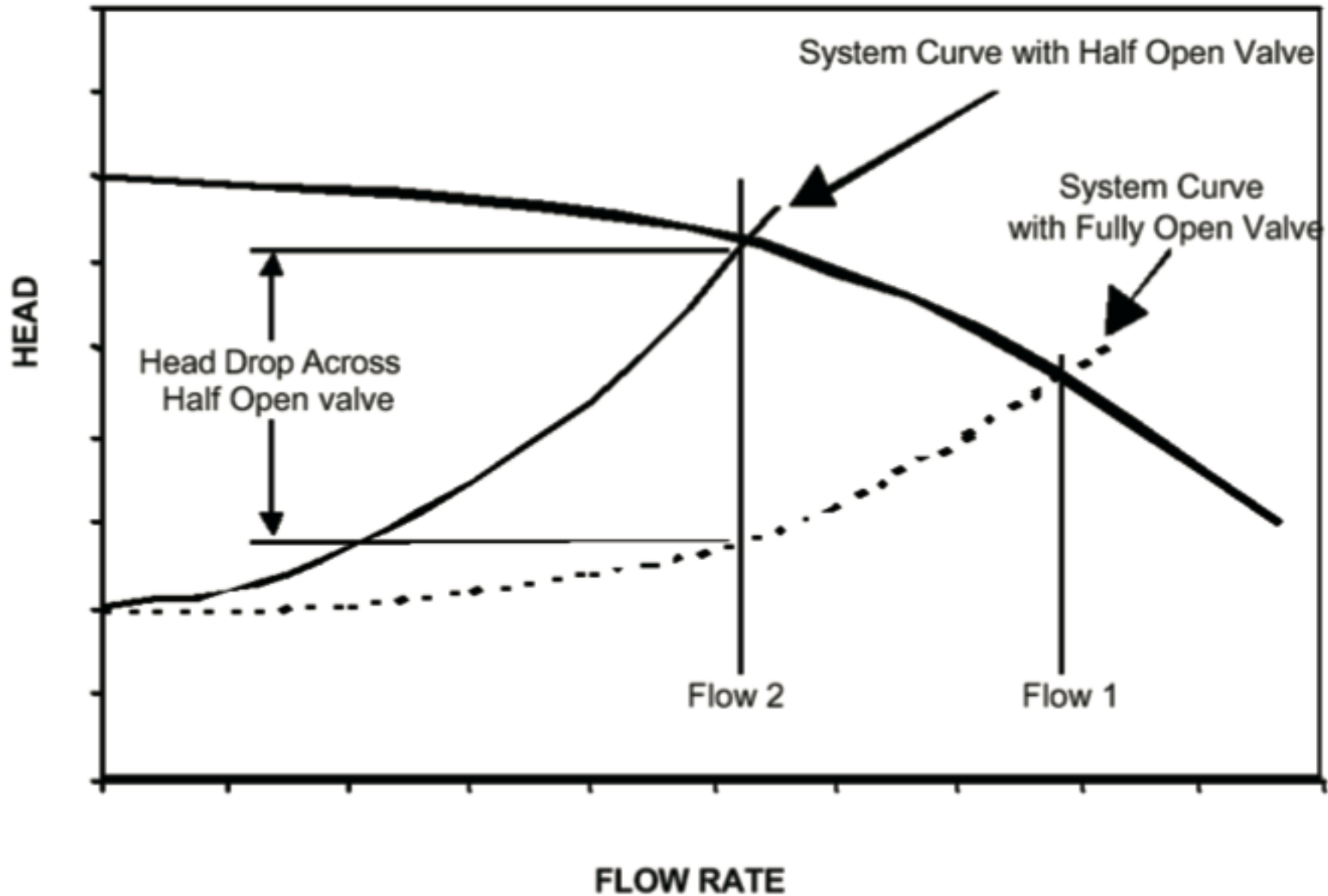
Controle válvula

- A bomba funciona continuamente e uma válvula na linha de descarga é aberta ou fechada para ajustar a vazão ao valor necessário;
- Com a válvula totalmente aberta, a bomba opera em "Vazão 1";
- Quando a válvula está parcialmente fechada, ela introduz uma perda de fricção adicional no sistema, que é proporcional ao quadrado da vazão;
- A nova curva do sistema corta a curva da bomba no "Vazão 2", que é o novo ponto de operação; e
- A diferença de carga entre as duas curvas é a queda de pressão na válvula.

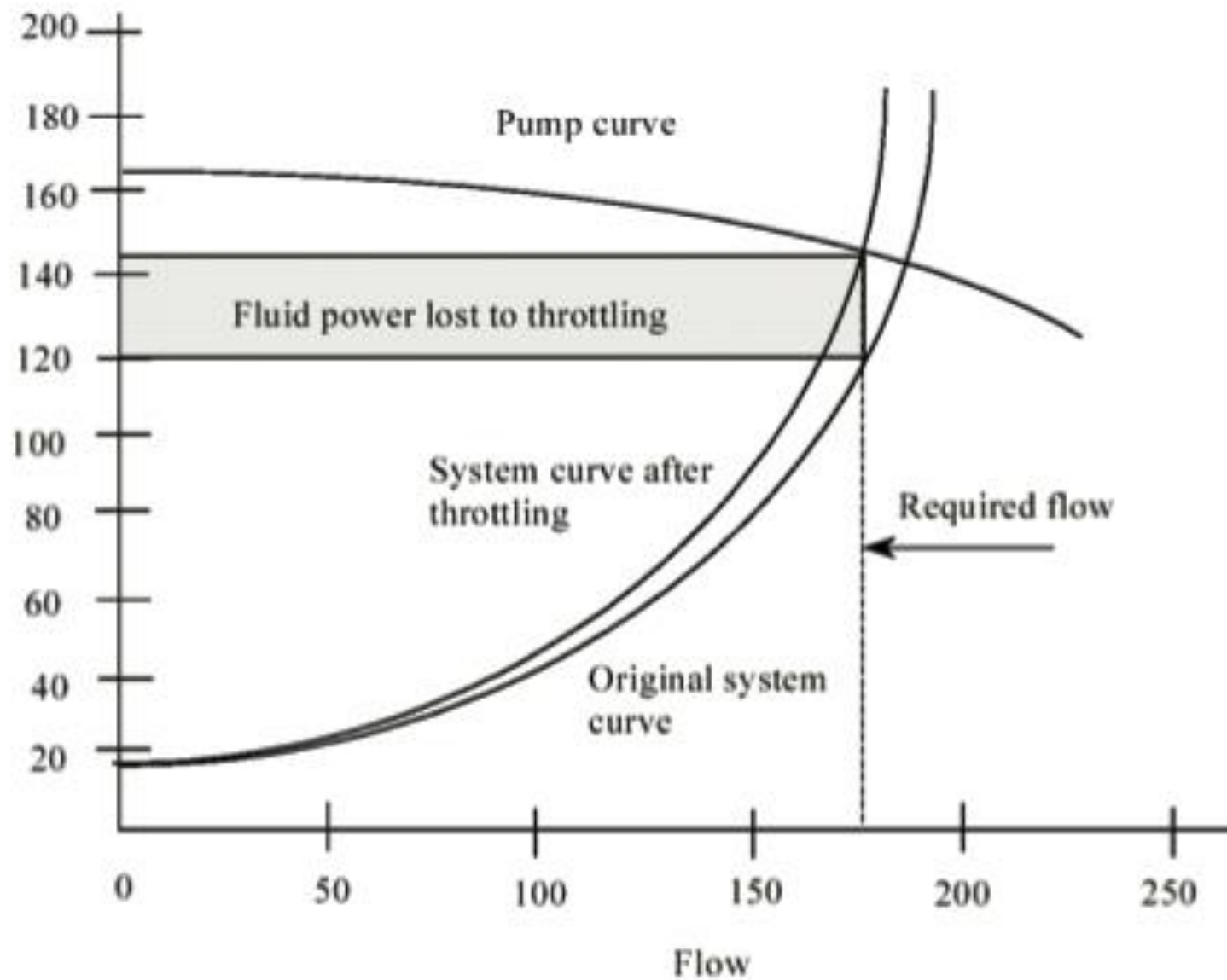
Controle válvula

- É prática comum com o controle de válvula ter a válvula 10% fechada, mesmo com a vazão no máximo;
- Portanto, desperdiça-se energia superando a resistência através da válvula em todas as condições de vazão;
- Há alguma redução na potência absorvida pela bomba na vazão inferior, mas a vazão multiplicada pela perda de carga na válvula é energia desperdiçada;
- Também deve ser observado que, embora a bomba acomode mudanças em seu ponto de operação, dentro de sua faixa de desempenho, ela pode ser forçada a operar em um ponto mais alto da curva, onde sua eficiência é baixa e sua confiabilidade é afetada;

Controle válvula

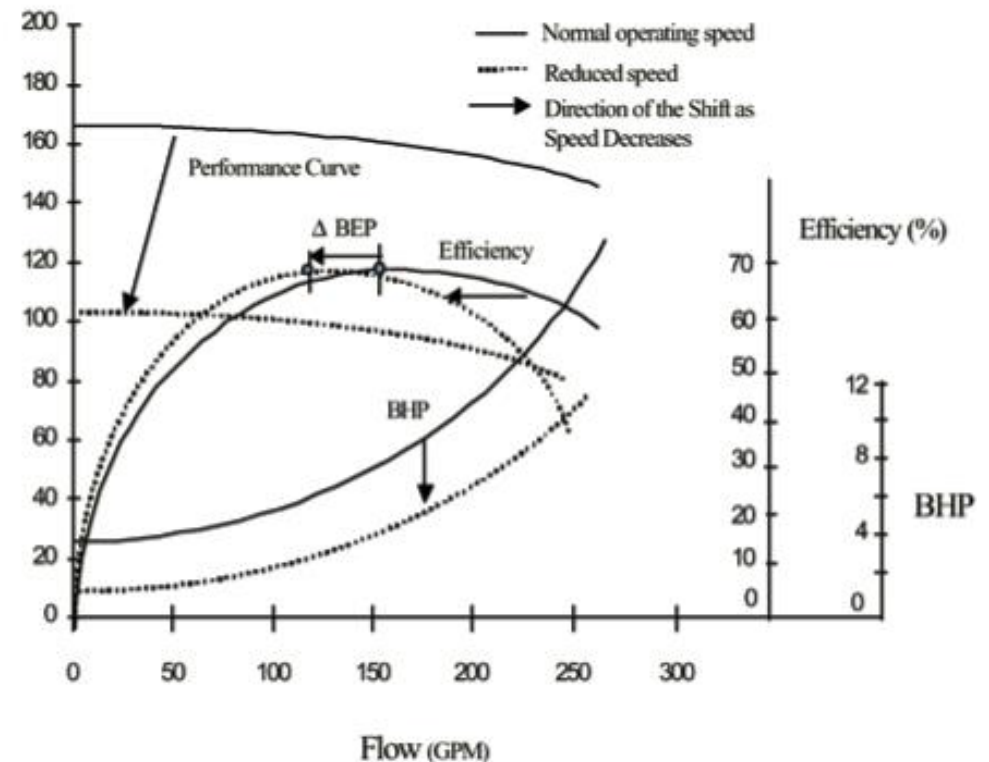


Controle válvula



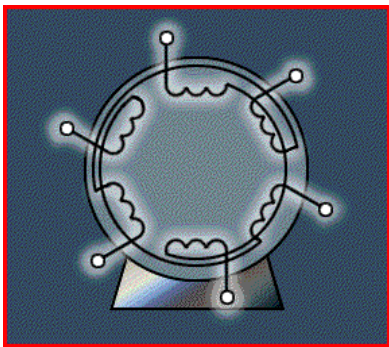
Redução da rotação

- Meio mais eficiente de controlar a vazão da bomba;
- Ao reduzir a velocidade da bomba, menos energia é transmitida ao fluido e menos energia precisa ser estrangulada ou contornada;
- Existem dois métodos principais para reduzir a velocidade da bomba: motores de bombas de múltiplas velocidades e drives de velocidade variável (VSDs).



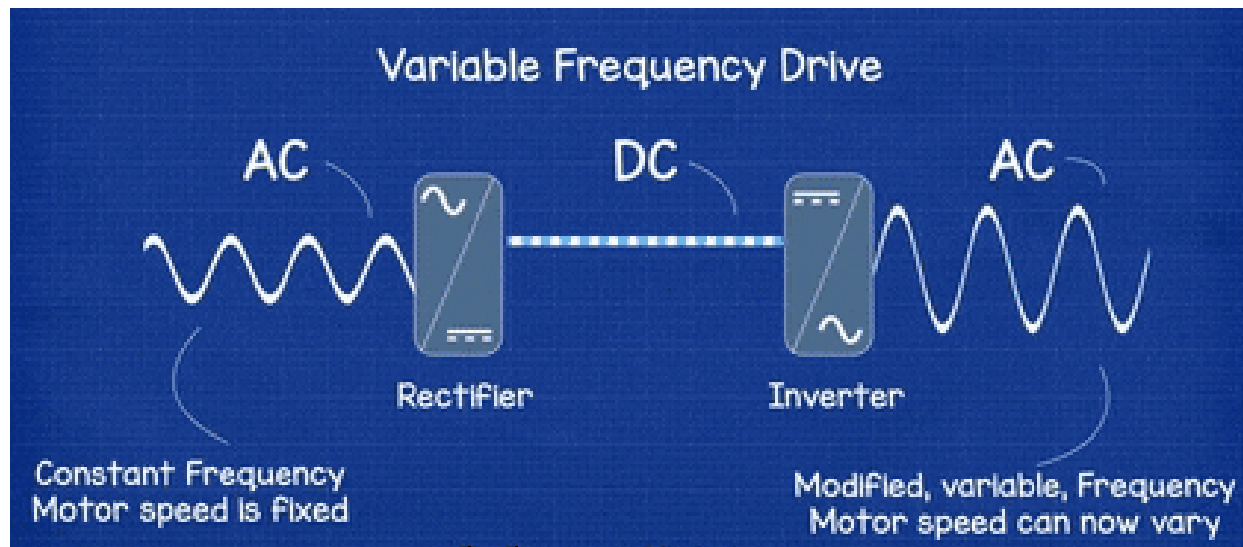
Redução da rotação

- Embora ambos controlem diretamente a saída da bomba, motores de múltiplas velocidades e VSDs atendem a aplicações totalmente separadas;
- Os motores de múltiplas velocidades contêm um conjunto diferente de enrolamentos para cada velocidade do motor; e
- Consequentemente, eles são mais caros e menos eficientes do que os motores de velocidade



VSD

- Permitem ajustes de velocidade da bomba em uma faixa contínua, evitando a necessidade de pular de uma velocidade para outra, como acontece com as bombas de múltiplas velocidades;
- Controlam as velocidades da bomba usando vários tipos de sistemas mecânicos e elétricos;



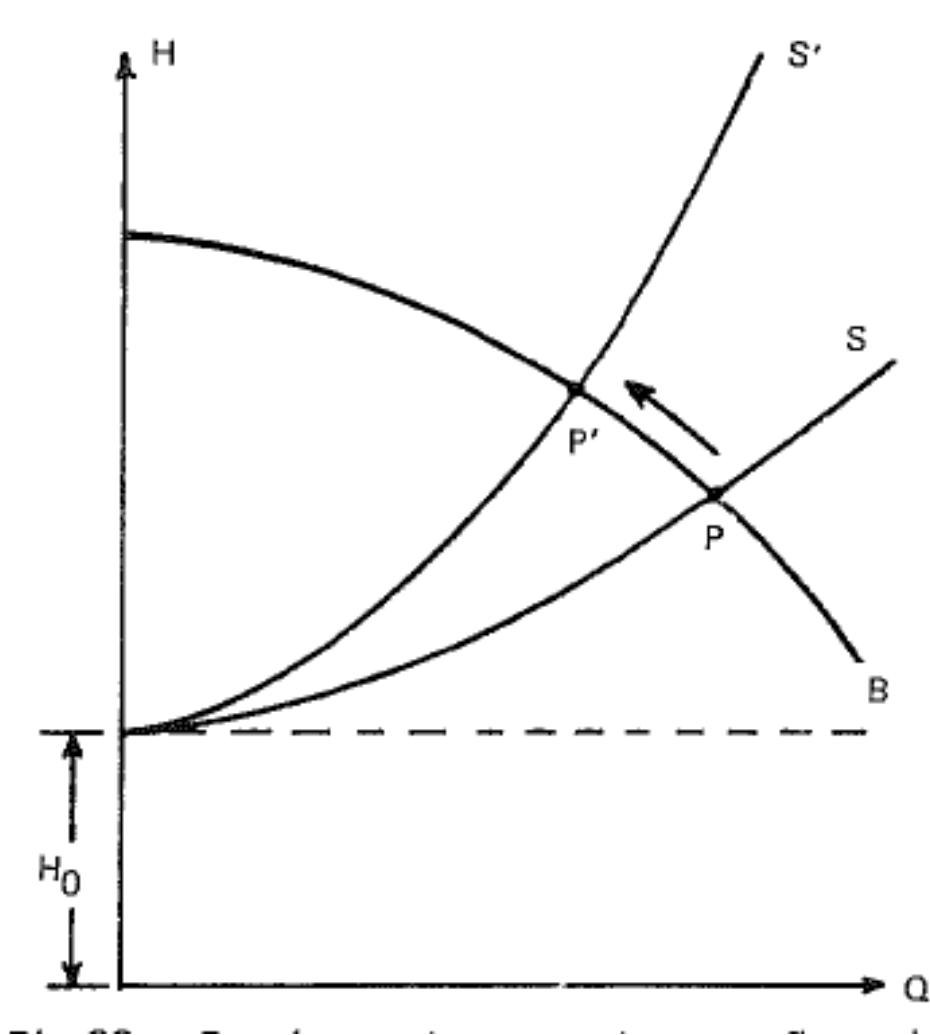
VSD

- VSDs mecânicos incluem embreagens hidráulicas, sistema correia e polia etc.;
- VSDs elétricos;
- VFDs ajustam a frequência elétrica da fonte de alimentação para mudar a velocidade de rotação do motor;
- VFDs são de longe o tipo mais popular de VSD; e
- Os VFDs podem oferecer reduções de custo operacional, permitindo maior eficiência operacional da bomba, mas a economia principal deriva da redução nas perdas de vazão por atrito ou by-pas.

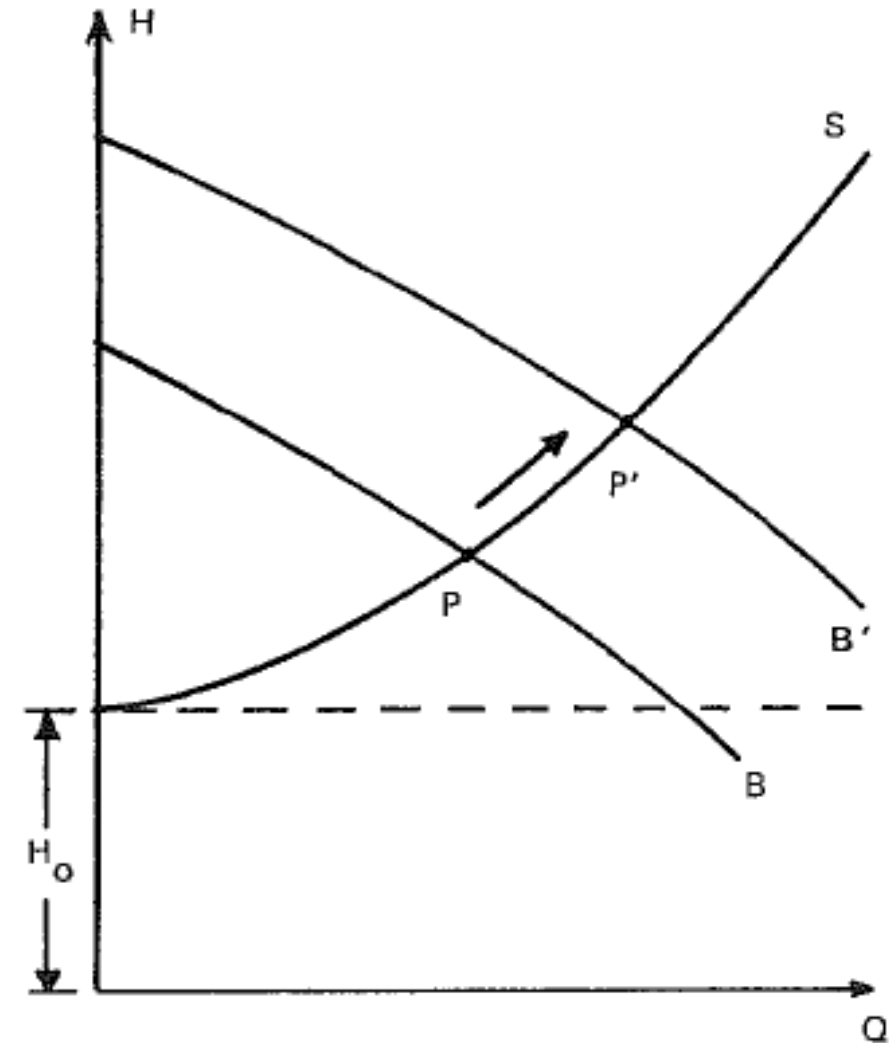
Regulagem do ponto de operação

Métodos

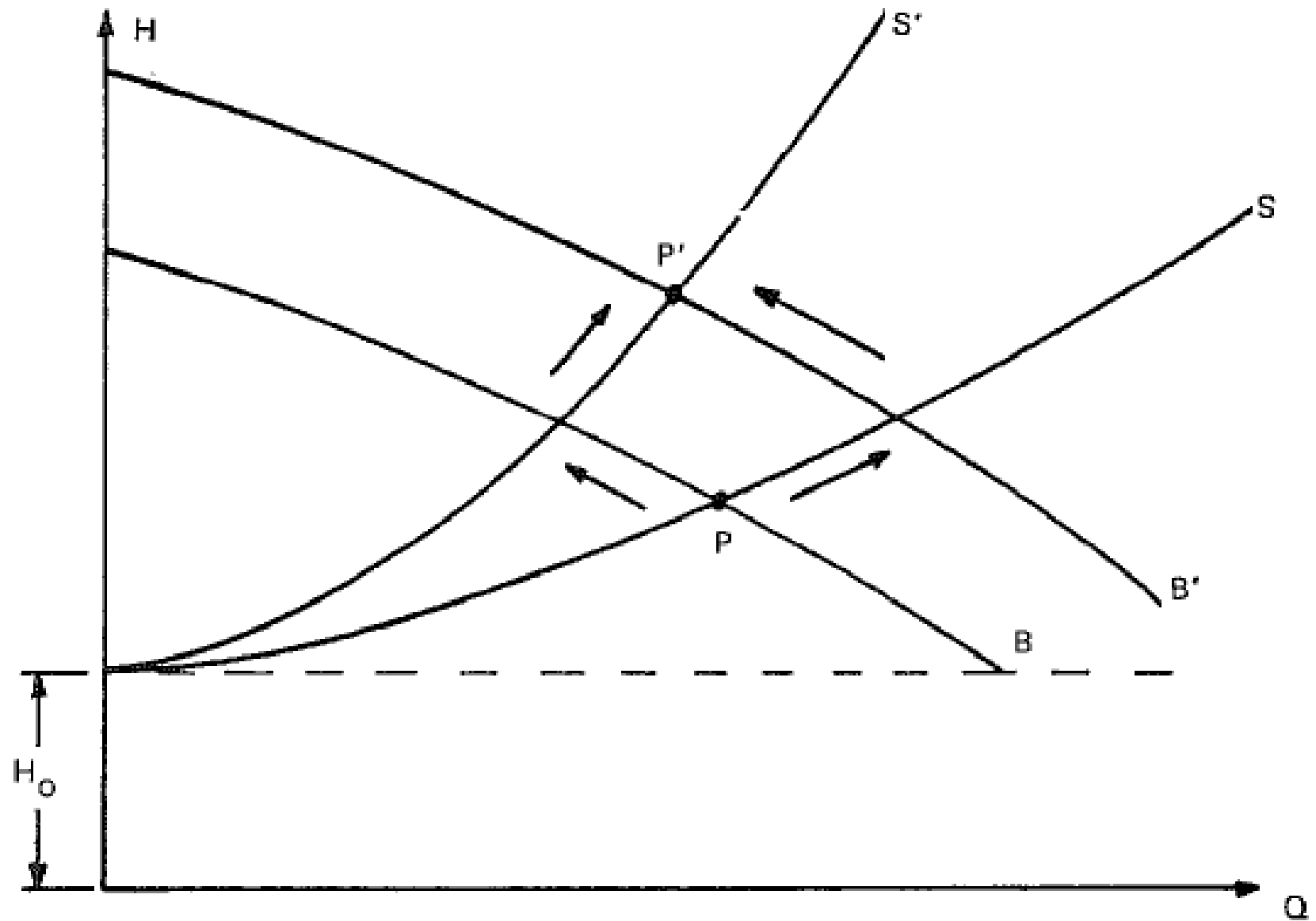
Regulagem por válvula:



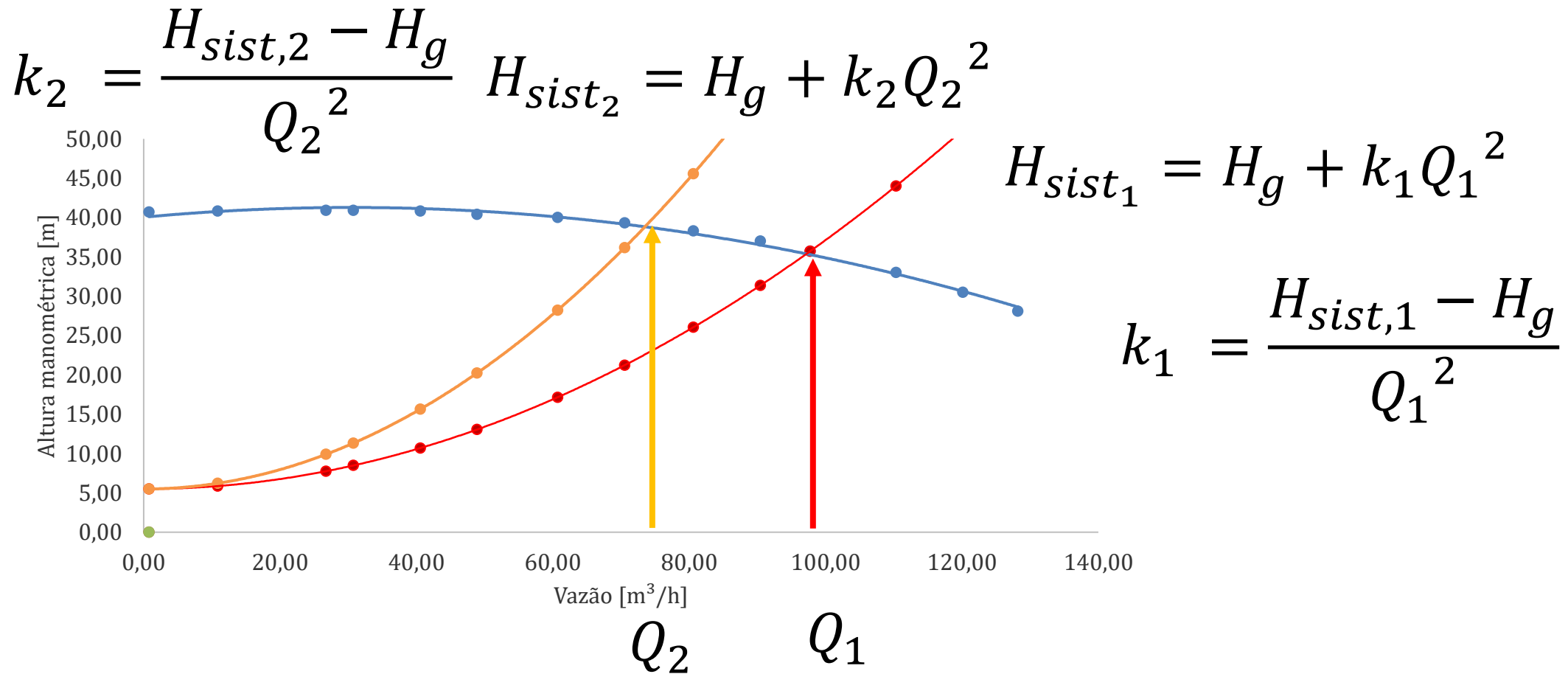
Regulagem por conversor de frequência



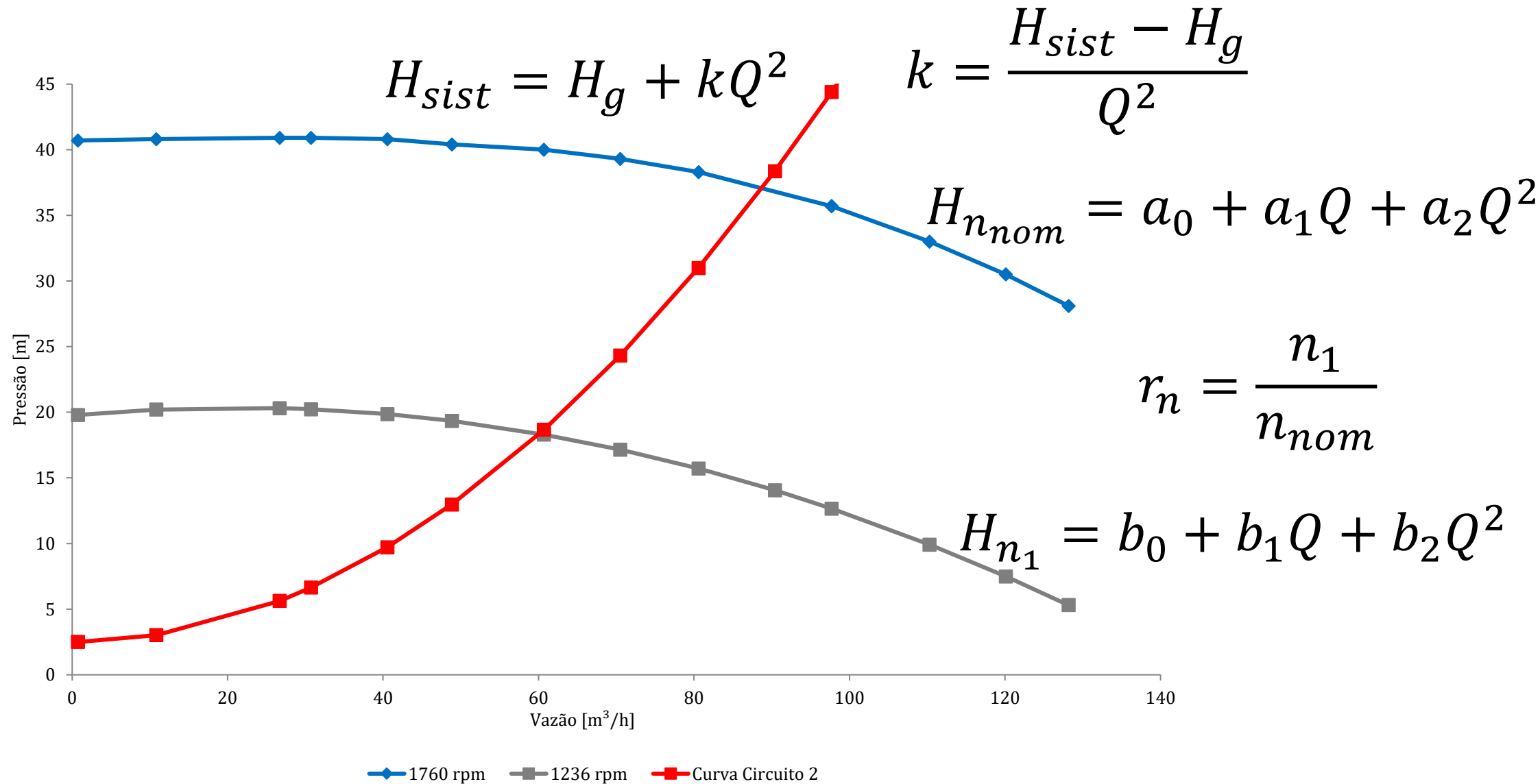
Métodos



Controle por válvula

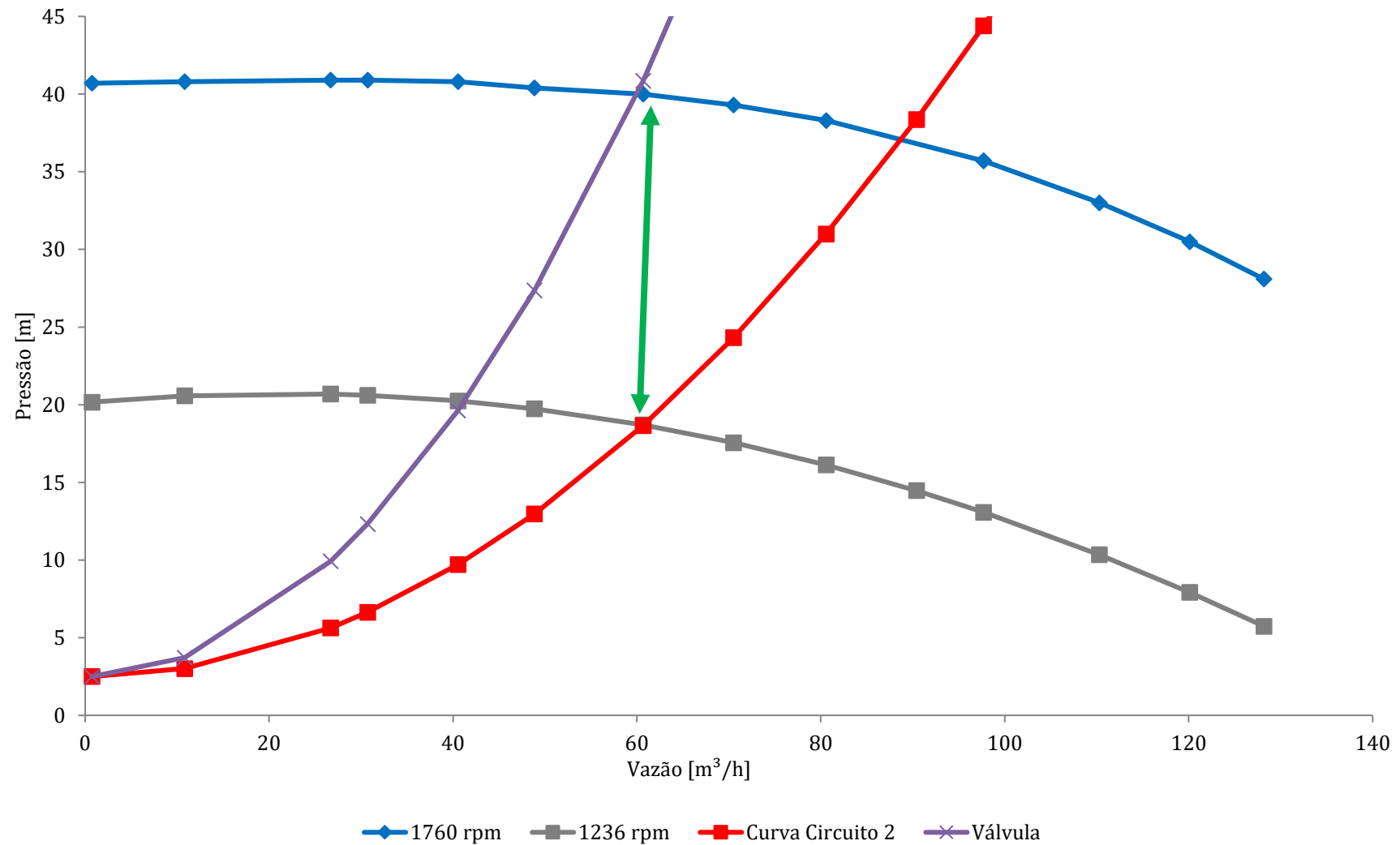


Controle por conversor de frequência



$$b_0 = a_0 r_n^2 \quad b_1 = a_0 r_n \quad b_2 = a_2$$

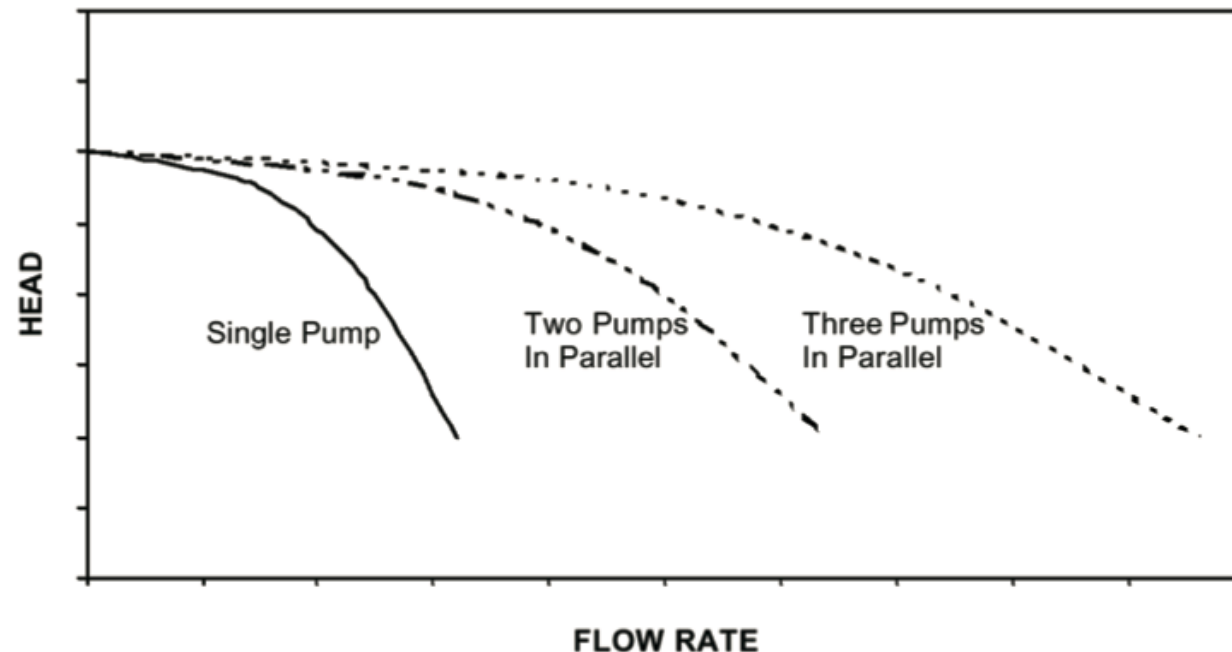
Conversor versus válvula



Associação em série e em paralelo

Associação em série e em paralelo

- Bombas em paralelo podem ser comutadas para atender a demanda;
- A variação da vazão é obtida ligando e desligando bombas adicionais para atender à demanda;
- A curva da bomba combinada é obtida adicionando as vazões em uma altura manométrica específica;



Associação em série e em paralelo

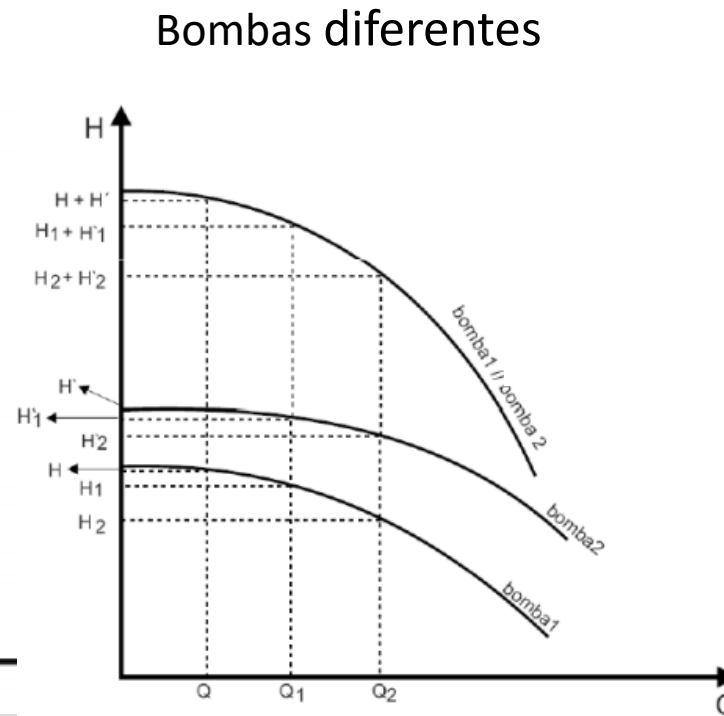
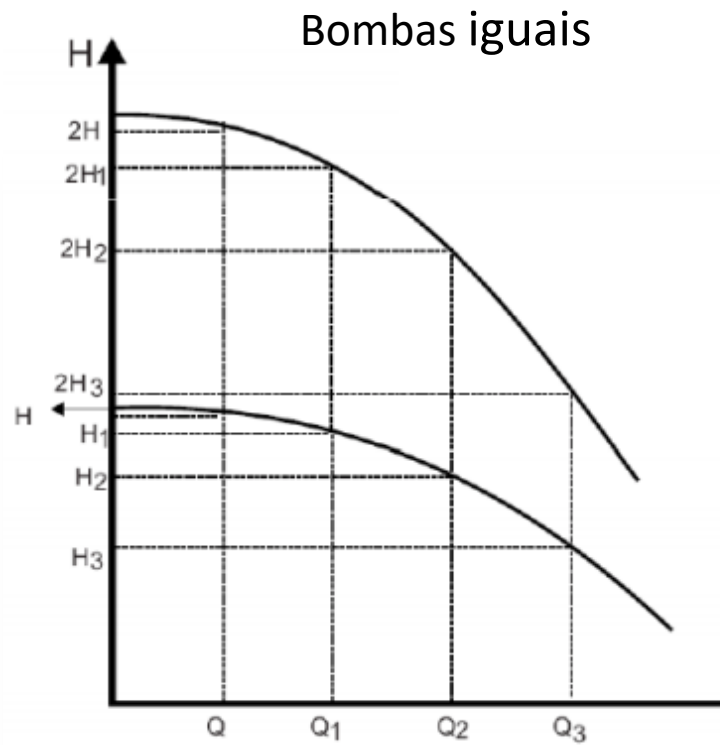
- A curva do sistema geralmente não é afetada pelo número de bombas em funcionamento;
- O ponto de operação das bombas em suas curvas de desempenho se move para uma altura manométrica mais alta e, portanto, menor vazão por bomba, conforme mais bombas são iniciadas;
- Também é evidente que a taxa de vazão com duas bombas funcionando não é o dobro de uma única bomba;

Associação em série e em paralelo

- Se a pressão do sistema fosse apenas estática, a vazão seria proporcional ao número de bombas em operação;
- É possível operar bombas de tamanhos diferentes em paralelo, desde que suas pressões de válvula fechadas sejam semelhantes;
- Ao organizar diferentes combinações de bombas funcionando juntas, um número maior de vazões diferentes pode ser fornecido ao sistema;
- Deve-se ter cuidado ao operar as bombas em paralelo para garantir que o ponto de operação da bomba seja controlado dentro da região considerada aceitável pelo fabricante.

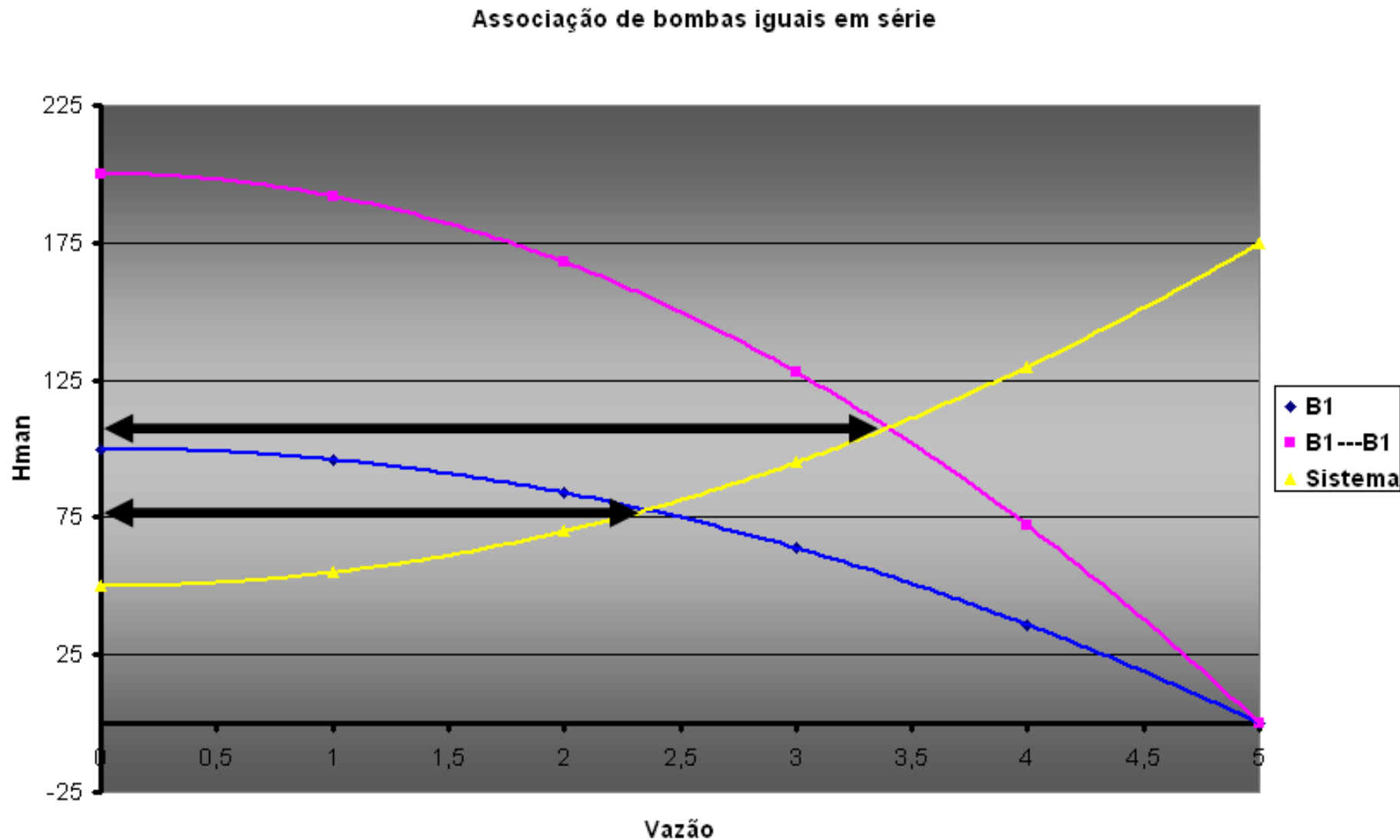
Associação em série

Associação em série e em paralelo



Associação em série e em paralelo

- Perceba que a altura manométrica da associação (no novo ponto de operação) não é o dobro da bomba em separado.



Bibliografia

Bibliografia

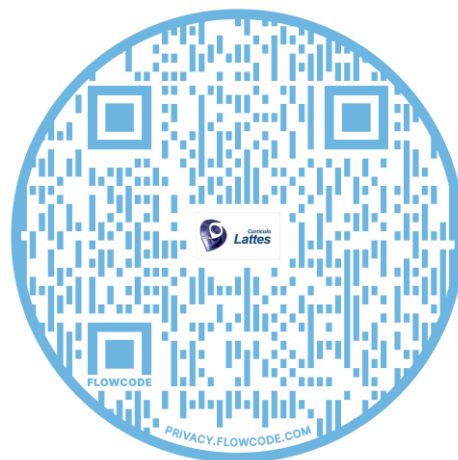
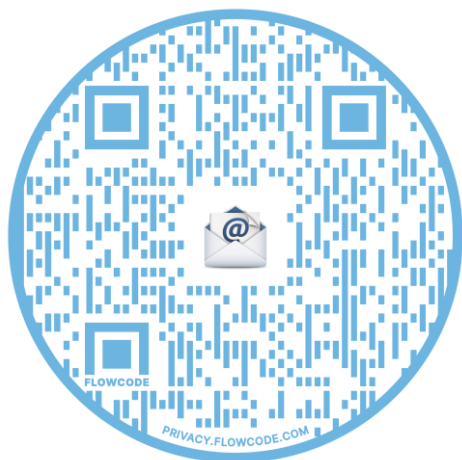
CARVALHO, Djalma Francisco. **Instalações elevatórias bombas**. Universidad Catolica Minas Gerais, 1979.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Bombas e instalações de bombeamento. **Rio de Janeiro: Guanabara Dois**, 1982.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A.; BUESA, Ignacio Apraiz. termodinâmica. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

G. Van Wylen, C. Borgnakke, and R. E. Sonntag. Fundamentos da Termodinâmica. Editora Edigar Blucher, 8ª edição, 2013.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D. Princípios de termodinâmica para engenharia . Grupo Gen-LTC, 2000.



DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos

CREA 106478D

samuelfmoreira@id.uff.br

(21) 980031100

<https://www.linkedin.com/in/samuel-moreira-a3669824/>

<http://lattes.cnpq.br/8103816816128546>